

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 64-018002

(43)Date of publication of application : 20.01.1989

(51)Int.Cl.

G01B 11/00
H01L 21/68
// H01L 21/30

(21)Application number : 62-175239

(71)Applicant : NIKON CORP

(22)Date of filing : 14.07.1987

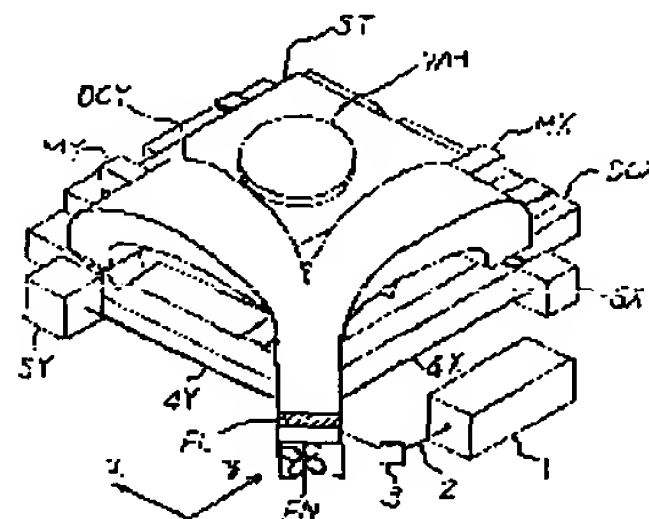
(72)Inventor : TANIMOTO SHOICHI

(54) MEASURING APPARATUS

(57)Abstract:

PURPOSE: To obtain a more correct measured value free from the effect of fluctuation in refractive index, by enabling a reduction in the fluctuation of refractive index in air while a fluctuation component alone of a laser interferometer is allowed to be monitored.

CONSTITUTION: A temperature-stabilized air is sent at almost a uniform speed to laser beams 4X and 4Y reciprocating with respect to mobile mirrors MX and MY from a fan FN to reduce fluctuation in measurement with inteferometers 5X and 5Y. Moreover, a relationship between an optical system and the direction of wind is so set that windward and lee parts of the beams 4X and 4Y are always the same with respect to the direction of wind to always cause hourly changes in the fluctuation of outputs of the inteferometers 5X and 5Y from the windward to lee side. Thus, as a hourly rate of change in measure values can be found immediately and wind speed is almost constant, a fluctuation component alone of measured values of the inteferometers 5X and 5Y can be measured without time delay. Change in the fluctuation is compensated for by the correction of the measured values by the size of the fluctuation component.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C): 1998,2000 Japan Patent Office

⑩ 日本国特許庁(JP)

⑪ 特許出願公開

⑫ 公開特許公報(A)

昭64-18002

⑤ Int.Cl. ⁴	識別記号	庁内整理番号	④ 公開 昭和64年(1989)1月20日
G 01 B 11/00		G-7625-2F	
H 01 L 21/68		F-7454-5F	
// H 01 L 21/30	3 1 1	M-7376-5F	審査請求 未請求 発明の数 3 (全7頁)

⑬ 発明の名称 測定装置

⑭ 特 願 昭62-175239

⑮ 出 願 昭62(1987)7月14日

⑯ 発 明 者 谷 元 昭 一 東京都品川区西大井1丁目6番3号 日本光学工業株式会社大井製作所内

⑰ 出 願 人 株式会社ニコン 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

⑱ 代 理 人 弁理士 渡辺 隆男

明 細 書

1. 発明の名称

測定装置

2. 特許請求の範囲

(1) レーザ光源からのビームを測定用ビームと参照用ビームとに分割し、該測定用ビームの被測定物からの反射ビームと前記参照用ビームとを重ね合わせて干渉ビームを作り、該干渉ビームを光電検出することによって、前記被測定物の位置や距離を測定する装置において、

温度安定化されたほぼ一定速度の気体流を発生する気体供給源と；前記測定用ビームと反射ビームの通過する空間に、該ビームを横切るように前記気体供給源からの気体流を導びく導風手段とを備えたことを特徴とする測定装置、

(2) 前記導風手段は、前記ビームの通過空間への送風口が前記被測定物の移動軌跡と空間的に干渉しないように前記ビームの軸方向に渡って固定的に配置されていることを特徴とする特許請求の範囲第1項記載の装置、

(3) レーザ光源からのビームを測定用ビームと参照用ビームとに分割し、該測定用ビームの被測定物からの反射ビームと前記参照用ビームとを重ね合わせて干渉ビームを作り、該干渉ビームを光電検出することによって前記被測定物の位置や距離を測定する装置において、

前記測定用ビームと反射ビームの通過する空間に、該ビームを一方向から横切るように気体を供給する気体供給手段と；前記測定用ビームと反射ビームの前記気体に対する風上部と風下部との各々に対応して前記干渉ビームを2つに分割する分割手段と；該分割された2つの干渉ビームの各々を別々に光電検出する2つの光電検出器と；該2つの光電検出器の出力信号に基づいて前記被測定物の位置や距離を計測する計測手段とを備えたことを特徴とする測定装置、

(4) 前記計測手段は、前記2つの光電検出器の各出力信号に基づいて前記被測定物の位置や距離を個別に検出する2つの信号処理回路と；該2つの信号処理回路で検出された情報に基づいて前記

ビームの通過空間の屈折率のゆらぎによる誤差量を補正する補正回路とを含むことを特徴とする特許請求の範囲第3項記載の装置。

(5) 被測定物にレーザ光源からの測定用ビームを照射し、その反射ビームと前記レーザ光源から得られる別の参照用ビームとを干渉させて干渉ビームを作り、該干渉ビームを光電検出して前記被測定物の位置や距離を測定する装置において、

前記被測定物に第1の測定用ビームを照射し、その反射ビームと第1の参照用ビームとを干渉させて第1の干渉ビームを作り、前記被測定物の位置や距離を測定する第1干渉測定手段と；

前記第1の測定用ビームと平行に前記被測定物へ第2の測定用ビームを照射し、その反射ビームと第2の参照用ビームとを干渉させて第2の干渉ビームを作り、前記被測定物の位置や距離を測定する第2干渉測定手段と；

前記第1測定用ビームが風上に位置し、前記第2測定用ビームが風下に位置するように、該ビームを横切る方向から気体を供給する気体供給手段

- 3 -

れているが、装置が複雑になり、コストが高いため製品化されていない。

(発明が解決しようとする問題点)

従来の空気の温度安定化を行なうような装置においても、空気の屈折率ゆらぎによる計測値のばらつきは無視できない。例えば最近のLSI製造におけるステッパー（投影型露光装置）のステージの位置決めにおいては位置決め再現性は $3\sigma = 0.08 \sim 0.15 \mu\text{m}$ であるが、このうち相当の部分が1Hz～100Hzの周波数成分をもつレーザ干渉計出力の揺らぎによるものと考えられる。計測時間を十分長くにとって、計測値を平均化すれば干渉計の揺らぎの影響は小さくなるが、高速のステージ位置決めや、高速ステージ走査時の計測に対応できないといった問題が生じる。

本発明はこの様な従来の問題点を解決し、簡単な方法で空気の屈折率揺らぎによる干渉計の計測値の揺らぎを減少させることを目的とする。

(問題点を解決する為の手段)

上記問題解決の為に、本発明ではレーザ干渉計

とを備えたことを特徴とする測定装置。

3. 発明の詳細な説明

(産業上の利用分野)

本発明はレーザ干渉計を用いた位置測定装置に関するものである。

(従来の技術)

周波数安定化されたヘリウム-ネオン(He-Ne)レーザを光源としたレーザ干渉計は精密な測長や座標測定に利用されている。代表的な例はヒューレット・パッカード社より販売されているシステムである。従来のこの種の装置を高精度の要求される計測に用いる場合においては、空気の屈折率ゆらぎを防ぐ為に、温度安定化された特別の空調を行ない、 $\pm 0.1^\circ\text{C}$ 以内の空気温度の安定化を行ない、また気象の変化に伴う大気圧変化に対応するのに大気圧をモニターして波長補正を行なっている。さらに全く別の空気の屈折率補正法の例として、特開昭58-87447号公報、又は特開昭58-169004号公報に開示されているように2波長干渉計を用いるものも考えら

- 4 -

る移動鏡へ往復するレーザビーム（測定用ビームと反射ビーム）の通過する部分に、一定の向きで風を流すことにした。さらにレーザビームの風上側と風下側のビーム部分による計測値の差の値を処理して揺らぎによる計測値のばらつきを補正することとした。

(作用)

本発明では移動ミラーに対して往復するレーザビームに対して、個別に温調された風を流すので、干渉計の計測揺らぎを低減できる。さらに、本発明ではレーザビームの風上側と風下側の部分が、風向きに対して、常に同じ向きになるような光学系と風向きの関係としているので、干渉計の出力の揺らぎの時間変化が、常に風上側から風下側への順に生じるので、計測値の時間変化率が即時にわかり、風速をほぼ一定とすれば、干渉計の計測値の揺らぎ成分のみを時間遅れを生じることなく計測できる。この計測値の揺らぎ成分の大きさだけ従来の計測法により得られた計測値に対して補正すれば揺らぎの変化を補償できる。

- 5 -

- 8 -

- 6 -

〔実施例〕

第1図は本発明の実施例による位置検出装置を精密移動ステージの座標測定に適用したときの構成の斜視図であり、1は周波数安定化したレーザー光源であって、ゼーマン効果を用いて約2MHzだけ周波数の異なった互いに偏光特性の異なった2成分を含む光束2を出力する。3はミラーであり光束2は図に見えないビームスプリッターによりステージのx方向計測用のXビーム4Xとy方向計測用のYビーム4Yに分割され、X干渉計ユニット5XとY干渉計ユニット5Yに導かれる。X干渉計ユニット5XはXミラーMXのx方向の移動量を測定し、5YはYミラーMYのy方向の移動量を測定する。STは互いに直交したXミラーMXとYミラーMYを取組して移動するステージであり、X、Y方向に平行に2次元移動する。ステージST上にはウェハ等の位置決め対象物の設置されるホルダーWHがある。

FNはファンであり、風をXダクトDCXとYダクトDCYにゴミ除去のフィルターFLを経て

- 7 -

る。戻ったビームは偏光ビームスプリッター10を通過してビーム分割器14に向かう。このビーム分割器14は入射したビームを、そのビーム径の中心で2つに分割するためのプリズム状の反射面を有し、分割されたビームの夫々は光電検出器DX1、DX2によって別々に受光される。

一方、レーザービームB1のうち他方の偏光成分は、参照光として偏光ビームスプリッター10で反射され、プリズム12で反射された後、偏光ビームスプリッター10内で測長用ビームの戻りの光路と合成され、ビーム分割器14に入射する。

第2図において、XダクトDCXからは矢印18のようにほぼ一様な速度で温度安定化した風を測長ビームの経路に送る。ビーム分割器14により、戻ってきたレーザービームは断面内上側と下側に2分割されて反射され、それぞれ光電検出器DX1、DX2に入射する。検出器DX1、DX2は参照光と測長光とに周波数差があるためビート信号を出力し、このビート信号出力はレーザー光源1からの参照用差周波信号(約2MHz)と共に、

- 9 -

送る働きをする。XダクトDCXとYダクトDCYの各送風口はXミラーMX、YミラーMYの移動軌跡と空間的に干渉しないように配置され、計測用にXミラーMXやYミラーMYに向かうレーザービームの部分に上方から温度安定化されたほぼ一定速の風を送る。風の空気温度は装置の周辺環境の空調の温度と一致させるのが良い。

第2図はレーザー干渉計のX軸の構成図であり、干渉計部分は正面図が示されている。第3図には干渉計の上面図が示されている。第3図にはレーザー干渉計の光路が示されている。レーザー光源1を射出したレーザービームB1は偏光ビームスプリッター10により2つに分割され、偏光ビームスプリッター10を通過した一方の偏光ビームはλ/4板13を通過して測長用のビームB2となってXミラーMXで反射して戻る。λ/4板を逆に通過したビームは偏光状態が反転され、偏光ビームスプリッター10で反射され、プリズム11で反射した後、偏光ビームスプリッター10で反射され、ビームB3となって再びXミラーMXで反射され

- 8 -

信号処理系CX1とCX2に入力され、ヘテロダイン検出される。信号処理系CX1とCX2からはそれぞれ、座標カウント出力(例えば0.01μmの分解能)が得られ、これを補正回路15に入力して、補正された干渉計出力(測長値)16を得る。

ビームB2、B3は風18の流れに対し、断面の向きが反転しない形で光学系が構成されている。送風する風の温度が安定化されたとしてもある程度の温度ムラは存在し、温度が周辺と少し異なった空気塊が風に乗って移動している。従ってXミラーMXが静止した状態でビームB2、B3の上部と下部をそれぞれ独立に計測すると、上部の計測値に対して下部の計測値は時間が遅れて現われる。また、XミラーMXが移動中であれば、上部と下部の計測値の差即ち、検出器DX1、DX2による計測値の差は空気揺らぎによる時間変化値を示している。

信号処理系CX1からの計測出力をx1(t)、信号処理系CX2からの計測出力をx2(t)と

- 10 -

する。これらの出力 $x_1(t)$ 、 $x_2(t)$ は決められた位置（例えばステージ ST の原点）で同時に等になるようにリセットされるものとする。ここで出力 $x_1(t)$ と $x_2(t)$ の差 $\Delta x(t)$ は式 (A) で表わされる。

$$\Delta x(t) = x_1(t) - x_2(t) \dots (A)$$

空気の温度差のある塊のある大きさがレーザービームサイズ（ビーム径）よりも大きいと

$$\left. \begin{aligned} \Delta x(t) &\propto \frac{d}{d t} x_1(t) \\ \Delta x(t) &\propto \frac{d}{d t} x_2(t) \end{aligned} \right\} \dots (B)$$

という関係があるので、 $x_1(t)$ 、 $x_2(t)$ の空気の屈折率揺らぎによる変化分 $x_s(t)$ は k_s を比例定数として

$$x_s(t) = k_s \int_0^t \Delta x(\alpha) d\alpha \dots (C)$$

と表わされる。 k_s は、空気の屈折率揺らぎによる変動以外の変動要因をなくした時に $x_s(t)$ が等になるように決定される。

- 11 -

計出力 16、すなわち出力 $x_s(t)$ を決定する。

空気の温度変動や圧力変動がある場合には温度センサ又は圧力センサ出力を補正回路 15 に入力してレーザー光の波長補正を行なえばよい。これは従来から公知の波長補正により可能である。

また、レーザー干渉計出力が音波の圧力波により変動する場合は、高速応答の圧力センサ又はマイクロフォン等の音響トランスデューサ 17 を用いて、音波による波長補正を行なえばよい。

以上の実施例においては 2 次元の座標測定の場合を挙げたが、1 次元、又は 3 次元でも同様の測定ができる。またレーザー光源 1 はゼーマン安定化レーザーに限るものではなく、ラムディップ安定型周波数安定化レーザー等の他の方式のレーザー光源であってもよい。その場合、レーザー干渉計の信号処理は異なるが、基本的に本発明の適用が可能である。

また、以上の実施例の説明においては 1 つのレーザービームを横切るように送風したとき、ビームの風上側と風下側とで別々に干渉の検出を行な

式 (C) は適当な時間 ΔT を用いて

$$x_s(t) = k_s \int_{t-T}^t \Delta x(\alpha) d\alpha \dots (D)$$

とも表わせる。 T の値としては風がレーザービームを横切る時間以上であればよい。また定数 k_s については式 (C) の k_s と同様に決定される。この式 (D) は一定時間 T 内で生じる $x_1(t)$ と $x_2(t)$ の差を積算し、定数 k_s をかけることにより演算される。

最終的に揺らぎを補正された出力 $x_o(t)$ は、

$$x_o(t) = x_1(t) - x_s(t) \dots (E)$$

又は

$$x_o(t) = x_2(t) - x_s(t) \dots (F)$$

又は

$$x_o(t) = \frac{1}{2} \left\{ x_1(t) + x_2(t) \right\} - x_s(t) \dots (G)$$

のいずれかの式により計算される。従って補正回路 15 は上記式 (D) と式 (E)、(F)、(G) のいずれかに基づいて時間間隔 T 毎に干渉

- 12 -

う例を示したが、風上側、風下側を別々の 2 本のレーザービームにしてもよい。すなわち風の流れる方向に所定間隔で独立のレーザー干渉計を設け、上記 $x_1(t)$ 、 $x_2(t)$ を検出すればよい。この場合、もとのレーザー光源を別々にすることもできる。具体的には第 4 図に示すように、移動ミラー MX の反射平面 ($y-z$ 平面と平行) MX r の上下に平行な 2 本の測定用ビーム（反射ビーム）B2u、B2d が照射されるように 2 つの独立したレーザー干渉計 IFMu、IFMd を設ける。この干渉計 IFMu、IFMd はそれぞれ独立に移動ミラー MX の x 方向の位置や距離を計測し、計測値 CPu、CPd を出力する。計測値 CPu、CPd は、移動ミラー MX（ステージ ST）が基準位置にきたとき同一値になるように予めセットされている。そして補正回路 15 は先の実施例と同様に計測値 CPu、CPd の入力に基づいて、空気の屈折率のゆらぎによる変動量を補正（あるいは低減）した干渉計計測値 16 を出力する。

このような構成においても、温度安定化された

ほぼ一定速度の風18が、先の実施例と同様に上から下に、すなわち測定用ビームB2uからB2dに向けて流れるようにする。尚、測定用ビームB2u、B2dは第4図ではそれぞれ1本ずつしかもたない、所謂シングルビームタイプの干渉計として説明したが、先の実施例の第3図に示したように、1つの干渉計が2本(又はそれ以上)の測定用ビーム(反射ビーム)を有するダブルビームタイプのものでも同様に利用できる。

ところで補正回路15での演算は、一定の時間間隔T毎に行なわれるとしたが、ステージSTが一定距離だけ移動する毎に行なってもよい。さらにステージSTの移動中は一定距離毎に補正演算を行ない、ステージSTの停止中は一定時間毎に補正演算を行なうように切替えてもよい。また補正回路15の演算の式(D)において、定数 k_p の値をステージSTの位置(又は移動速度)に応じて逐次変化させるようにするとよい。これはダクトからの風速がステージ位置(速度)等に応じて変化することに対応するためである。

- 15 -

合も、検出されたマークの信号波形や位置にゆらぎの影響が生じるため、アライメントマークの検出時にも補正回路15が補正動作を行なうようにするとよい。

尚、本発明の各実施例では、一方向から温度安定化された風を送るだけにしたが、第4図中の矢印19に示すように、不図示の排気系(排気ダクト)と組み合わせて風がよどむことなく流れるようにしてもよい。

〔発明の効果〕

以上の様に本発明によれば、空気の屈折率揺らぎを減少できるという効果が得られるとともに、レーザ干渉計の揺らぎ成分のみをモニターできるので、このモニター量を用いて計測値を補正し、屈折率揺らぎの影響を受けないより正確な計測値が得られるので有効である。

4. 図面の簡単な説明

第1図は本発明の実施例による測定装置の構成を示す斜視図。

第2図は本実施例のX干渉計の構成を示す図。

- 17 -

また、補正回路15は常時、空気の屈折率のゆらぎによる測定値の変動を補正するように構成したが、ステージSTの移動のさせ方(ステッパの場合はステップアンドリビート方式)によっては常時補正しなくてもよい。例えばステップアンドリビート方式の露光装置では、ウェハ上の1つのショット領域に対して露光している間(0.2~0.5秒間)は、ゆらぎによる干渉計出力値の変動にステージSTの位置サーボ系が応答するため、ステージSTが微動してしまうことがある。これは露光されたパターンのはずれ、解像不良を引き起こす。解像不良の防止をする為だけにはステップアンドリビート方式で露光する場合、ステージSTの次のショット領域へのステップ移動中は、先の式(E)、(F)、(G)等による補正は特に行なわず、ステップが終了した時点から露光完了時までの間は時間間隔Tによる補正を行なうようにするとよい。またレーザ干渉計の計測値(又は時系列なカウントパルス)を基準としてウェハ上のアライメントマークを光電検出する場

- 16 -

第3図は本実施例のX干渉計の構成を示す平面図。

第4図は本発明の他の実施例による測定装置の構成を示す斜視図である。

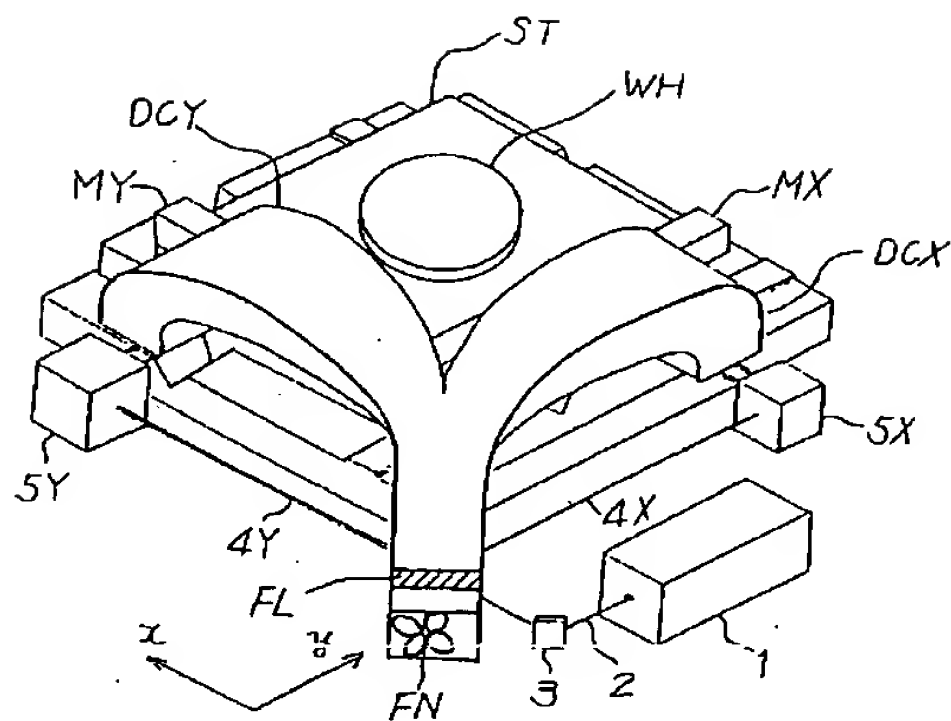
〔主要部分の符号の説明〕

1…レーザ光源、DX1、DX2…検知器、
FN…ファン、15…補正回路、
FL…フィルター、ST…ステージ、
DCX、DCY…ダクト、18…風
MX、MY…移動ミラー

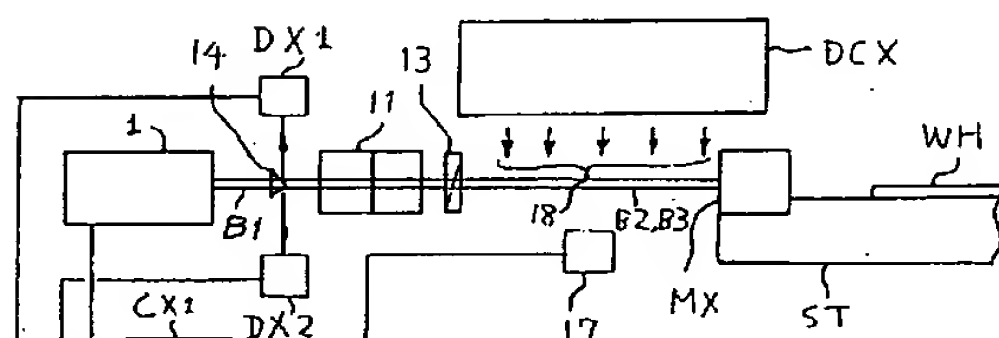
出願人 日本光学工業株式会社

代理人 渡辺 隆 男

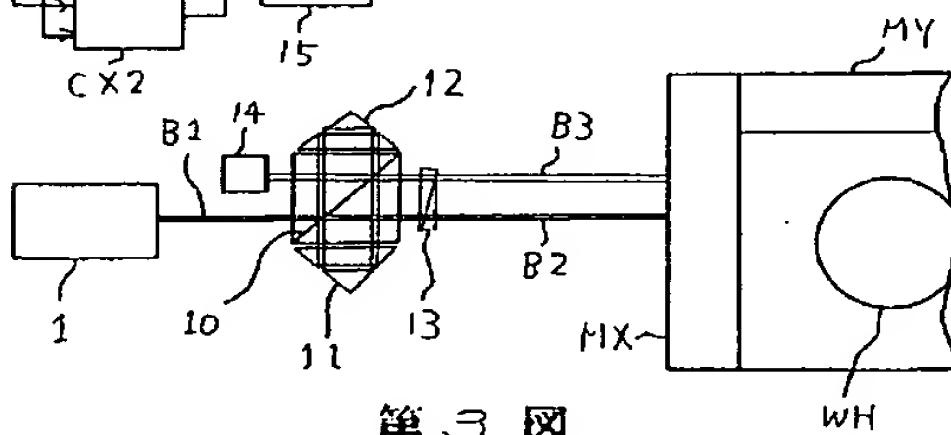
- 18 -



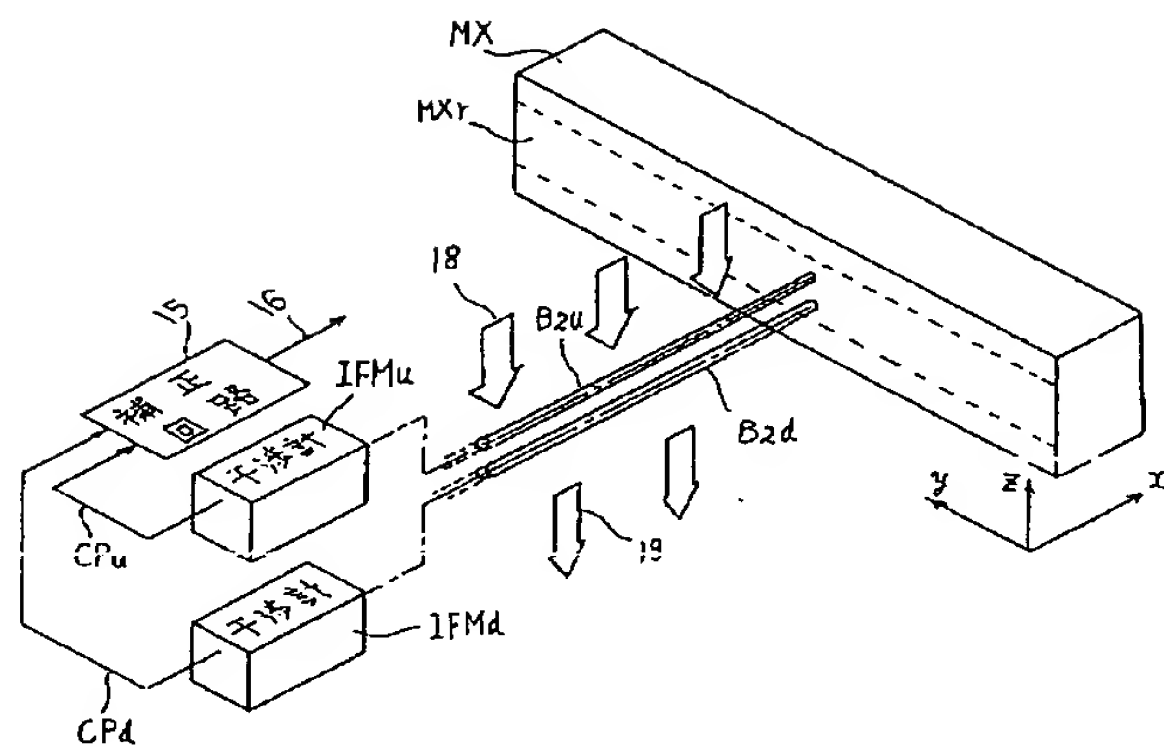
第 1 図



第 2 図



第 3 図



第 4 図